

地下车库坡道布置方案比选与交通组织优化研究

吴素菊

河北天艺永筑工程咨询有限公司, 河北 保定 071051

[摘要]城市小汽车保有量持续增长,地下车库的坡道布置与交通组织直接影响其运行效率与安全水平。对于自走式地下停车库,坡道是主要的垂直运输设施,在面积、空间、造价等方面占有相当比重,且技术要求较高,对使用效率和安全运行均有较大影响。针对直线式、曲线式及组合式坡道方案,从通行能力、空间利用效率、安全性与经济性四个维度进行比选分析,并提出车辆流线优化、出入口交通衔接优化、车位分区与导向系统优化以及智能化技术应用四项交通组织优化措施。合理选择坡道形式并配套科学的交通组织方案,可显著提升地下车库的运行效率与用户体验。

[关键词]地下车库;坡道布置;交通组织;方案比选;通行能力

DOI: 10.33142/ec.v9i6.19818

中图分类号: TU927

文献标识码: A

Research on the Comparison and Optimization of Underground Garage Ramp Layout Plans and Traffic Organization

WU Suju

Hebei Tianyi Yongzhu Engineering Consulting Co., Ltd., Baoding, Hebei, 071051, China

Abstract: The continuous growth of urban car ownership is directly affected by the ramp layout and traffic organization of underground garages, which directly affects their operational efficiency and safety level. For self-propelled underground parking garages, ramps are the main vertical transportation facilities, accounting for a considerable proportion in terms of area, space, cost, etc., and have high technical requirements, which have a significant impact on the efficiency and safe operation of use. For straight, curved, and combination ramp schemes, a comparative analysis is conducted from four dimensions: traffic capacity, space utilization efficiency, safety, and economy. Four traffic organization optimization measures are proposed, including vehicle streamline optimization, entrance and exit traffic connection optimization, parking space zoning and guidance system optimization, and intelligent technology application. Reasonable selection of ramp forms and supporting scientific traffic organization schemes can significantly improve the operational efficiency and user experience of underground garages.

Keywords: underground garage; slope layout; traffic organization; scheme comparison and selection; capacity

引言

伴随着城市化的发展以及机动车保有量的不断增加,地下停车空间的建设规模也越来越大。地下车库对于缓解地面停车压力、集约利用土地资源来说起着不可替代的作用。但是地下车库在实际使用过程中,普遍存在坡道通行效率低、内部流线混乱、出入口拥堵等影响用户体验及运行安全的问题。坡道设计主要的技术要求有合理选定坡道类型、确定坡道数量及位置、确定适当的坡度和宽度、采取必要的安全措施等。怎样在有限空间的范围内科学地进行坡道方案的设计以及交通组织的优化,从而达成坡道形式与交通组织相协调匹配的目标,成了地下车库设计中需要面对的关键课题。

1 地下车库坡道布置与交通组织设计概述

地下车库坡道是联系地面道路和地下停车库的竖向通道,地下车库坡道布置方式会直接左右车辆进出车库的通行速度与便利性。坡道类型主要有直线式坡道、曲线式坡道和两者结合的坡道。直线式坡道结构简单、视线通透,适合于用地条件较好的场地;曲线式坡道可以满足复杂的地形限制,在城市核心区的空间受限情况下有明显的优势。交通组织设计是关于车辆在车库内部以及出入口区域流动方式的规划。科学的交通组织要达到人车分流、流线单向循环、导向清晰明确的目的。居住小区地下车库规划设计要以人为本,以优化空间环境、创造美好居住环境、提高人们生活质量为根本目的,结合绿地、废弃物收集与循

环处理、车行与人行交通系统、区内生态多样性设计等综合考虑。坡道布置和交通组织互为表里,前者是物理通道,后者是运行规则,两者共同作用才能使车库运转高效。

2 地下车库坡道布置方案分析

2.1 直线式坡道布置方案特点

直线式坡道是最常见的一种坡道形式,其轴线是直线,车辆可以沿着直线方向完成竖向升降。该方案最大的优点就是结构简单,施工方便,视线条件好。驾驶员在直线坡道上行驶不需要转向操作,向车可以提前发现彼此,从而降低碰撞风险。坡道类型繁多,地下停车库采用直线长坡道居多。直线式坡道的技术参数主要有坡度、宽度、长度^[1]。按照规范要求,直线坡道最大坡度一般不超过 15%,宽度根据车道数确定,单车道路宽不小于 4m,双车道路宽不小于 7m。直线式坡道对场地进深有较高的要求,当地下车库埋深较大时,坡道长度也随之增大,会占用较多的地面和地下空间。另外,直线式坡道便于排水系统、照明系统和交通标识的布置,后期维护管理比较方便,适合于场地条件好、交通流量大的地下停车库项目。

2.2 曲线式及组合式坡道布置方案特点

曲线式坡道是用圆弧形或者螺旋形线形来实现车辆高程的转换,可以在有限的空间里完成。最大的优点就是节约用地,适合于城市中心区用地紧张的地方。曲线式坡道内侧半径是设计的主要参数,过小的半径会造成大型车辆转弯困难,增大刮擦事故的风险。规范规定曲线坡道内侧半径不小于 6m。地下车库坡道曲线坡度最大 12%,直线坡道最大 15%。曲线坡道的坡度一般比直线坡道要缓和一些,是为了达到转弯半径和纵坡之间安全的关系。组合式坡道把直线段和曲线段的优点结合起来,用直线段衔接、曲线段转向的方式,既满足空间约束,又保证行驶的舒适性。但是组合式坡道施工复杂,造价也随之增加,对设计精度和施工质量的要求也提高了。

3 地下车库坡道布置方案比选研究

3.1 坡道布置方案比选原则

坡道方案比选要以功能性为主、安全性为辅、经济性合理为原则。功能性要求坡道能适应车库容量对应的服务功能,避免出现高峰期严重拥堵的情况,安全性要求坡道线形、坡度、防滑设施等符合规范要求,降低事故风险,经济性要求建设成本、运行费用、空间利用率三者之间合理配置。另外,方案的选择还要考虑场地条件、周边环境、车库大小等因素。

3.2 不同坡道方案通行能力比较

通行能力是反映坡道服务水平的主要指标,一般用单

位时间内最大通过的车辆数来表示。根据地下停车库坡道通行能力进行合理的出入口交通组织。直线式坡道因为视线通透、不需要减速转弯,理论通行能力最高,单车道直线坡道连续流时可达每小时 600~800 辆。曲线式坡道因为转弯半径的限制,车辆要减速通过,通行能力是直线坡道的 60%~80%。组合式坡道的通行能力介于两者之间,直线段可以保持较高的速度,曲线段就成了通行瓶颈。当曲线半径小于规范下限的时候,大型车辆的转弯速度会大幅度下降,从而给整个通行能力造成较大的影响。因此在高峰时段车流量大的车库内,应该选用直线式坡道或者曲线半径较大的组合式坡道。

3.3 不同坡道方案空间利用效率比较

空间利用率是反映坡道占用车库有效停车空间多少的一个指标。当用地等条件受到限制,必须将坡道的一部分或者全部都包含在地库的轮廓之内时,直线进入地库比转弯进入地库对地库停车空间的影响要小^[2]。直线式坡道若设置在地库轮廓以外,不会对地库内部停车空间造成太大影响,停车效率最高;若要在地库内部布置,则会占用一两跨结构空间。直线坡道沿地库边界平行布置的时候,可以利用其下方或者上方的剩余空间来布置设备用房或者非机动车位,从而间接补偿空间损失。曲线式坡道对于空间利用率的影响更加明显。弧线坡道除了停车效率低还会扰乱地库停车流线。曲线坡道所需扇形或者环形的空间很难与规整的矩形停车柱网相协调,造成大量的边角空间不能用于停车。两层地库上下坡道同位布置和异位布置会造成不同的车位损失。根据计算得知,坡道平行车道布置时空间损失为 255m²,即为 12 个标准车位;坡道垂直车道布置时空间损失为 440m²,即为 21 个标准车位。另外,曲线坡道一般会把车库核心区域连成多跨结构,破坏原来规整的停车单元划分,从而间接加大无效行车通道的长度。城市核心区的土地成本高,因此该差异对项目的经济性有决定性的影响。

3.4 不同坡道方案安全性与经济性比较

安全性比较要兼顾几何线形、视线情况以及防滑设施。直线式坡道的几何条件最为简单,视线无遮挡,事故率最低。曲线式坡道有视线盲区,在曲率较大的内弯处,向车辆很难提前发现,需要增加凸面镜等辅助设施。另外,曲线坡道对路面抗滑性能的要求较高,在湿滑路面下侧滑的风险也会增大。经济性比较包含建设成本、维护费用以及土地机会成本。直线式坡道施工工艺成熟,模板、钢筋工程较简单,单位长度造价比曲线式坡道低约 70%~80%。曲线式坡道采用弧形模板、渐变段等方式,施工周期比传

统工艺提高 15%~25%。但是用地紧张的时候,曲线式坡道可以减少地面、地下空间的占用,节约的土地价值会比建造成本的增加要大得多。

表 1 不同坡道方案综合比选

比选维度	直线式坡道	曲线式坡道	组合式坡道
最大坡度	15%	12%	12%~15%
相对通行能力	100%	60%~80%	80%~90%
空间占用影响	较小(可外置)	较大(内置优先)	中等
施工复杂度	低	高	中高
相对造价	基准	+25%~35%	+10%~20%
适用范围	用地宽松、规模较大	用地紧张、埋深较小	有转弯需求的场地

4 地下车库交通组织优化措施

4.1 车辆流线优化设计

车辆流线设计要遵照单向循环、削减交织、人车分离的基本准则。内部流线应采用单行道布置,不能双向交通在狭窄通道内会车。环路系统可以使得车辆绕行寻找车位,避免倒车调头。建立地下道路、联络道、车库逐级分流的交通系统,使车辆在高速、快速路网和地下车库之间迅速转换。对规模较大的车库,应分出若干个停车分区,每个分区设独立的进出流线,减少车辆在整个场地上无效地绕行。在工程实际使用中,流线设计还要对重要的节点进行处理。交叉口是流线冲突的集中区,十字路口应采取右进右出的方式组织,不能让左转车辆横切对向车道;T型交叉口在支路端设减速让行标线,主路车辆有优先通行权。对于尽端式停车区域,在端部应设不小于 6m×6m 的倒车空间,防止车辆在通道内倒车调头^[3]。通道宽度同流线形式存在关联,单向通行的主通道宽度可设在 4m~5m 之间,双向通行时不应少于 6m。坡道出口和内部通道的衔接处要留有足够的通视距离,出口前方 15m 内不能设车位或者障碍物,保证驶出车辆能安全进入内部流线。

4.2 出入口交通衔接优化

出入口属于地下车库同地面道路之间所构成的接合部分,通行能力好坏直接影响到整个车库运行速度。根据车行出入口的设置,坚持靠近原则,保证车辆可以方便地进入地下空间。出入口要避开地面道路的交叉口影响区,与相邻交叉口保持不少于 50m 的距离。出口处应有足够长的加速渐变段,使驶出车辆能平滑地进入地面交通流,防止由于车速突然变化而造成追尾事故。入口处应设减速让行标线,使进入车辆在看清地面来车后再进入坡道。当车库规模大、设有多个出入口时,要分段负责。部分出入口

只供进场车辆使用,部分只供出场车辆使用,出现潮汐式组织模式。按照城市地下道路工程设计规范要求,地下车库联络道应设置在有地块接入侧的辅助车道上,地块车库联系的出入口在接入侧设置辅助车道后,接入间距不得小于 30m。另外,出入口的视距条件要符合安全要求,两侧 15m 范围内不能有遮挡视线的障碍物。

4.3 车位分区与导向系统优化

导向系统科学的设计可以大大降低驾驶员寻位、寻车的时间成本。分区宜用字母、数字和色彩相结合的方式表示,建立清晰的空间编码系统。场内用字母加主题动物的创意分区设计,把传统的字母分区变成具有活力的主题形象,把抽象的指示变成具体的、容易传播的记忆符号。标识系统设置要符合连续性原则,从车库入口到车位再到出口,全部信息要保持一致。在各个重要的决策点,即交叉口、转弯处、电梯间前面等处都要设置方向指示标志。地面标线要同墙面标识相配合使用,形成立体的导视网络。精细设计标识导视系统,用防霉的材质制作标识涂料,用立体丝印工艺加工文字,明显提高视觉识别度。

4.4 智能化交通管理技术应用

智能化技术的运用正在改变地下车库的交通管理方式。车位引导系统利用出入口及通道上方的余位显示屏,对各个分区的空闲车位数量进行实时公布,使车辆能够快速找到合适的停车位。智能车位引导系统覆盖率达到 100%,使车主可以迅速准确地找到车位。反向寻车系统是驾驶员输入车牌号或者选择车位编号,在终端设备或者手机端查询车辆所在位置并生成寻车路线。更高级的智能化应用有车路协同、动态管控。利用人工智能和数字孪生技术改善行车安全,通行速度要比地面交通快 4 倍。出入口匝道与地面道路衔接处可以设置动态标线、信号联动系统,根据实时车流量调节车道功能、信号配时,有效解决交织冲突。从实际应用效果上看,车位引导系统加入之后,车辆平均寻位时间由原来的 5~8min 缩短到 2~3min,有效缩减了车库内部无效巡游里程。反向寻车系统可以解决大型车库中车主找车难的问题,有关统计表明,在装有反向寻车功能的车库内,用户寻车时间一般比没有装反向寻车功能的车库要少 30%~70%。基于车牌识别和自动抬杆技术的组合使用,可以将单车通行时间由人工收费模式下的 15~20s 缩短到 3s 以内,大大提高出入口通行能力。随着 5G 和物联网技术的发展,预约停车、自动泊车等新的服务模式会逐渐出现,从而进一步释放出地下车库的通行能力。未来的车路协同技术可以达到车辆和车库管理系统

之间的实时信息交流,使车辆按照最佳路径到达指定停车位。

5 结语

地下车库坡道布置方案选择要兼顾通行能力、空间效率、安全性、经济性这四个方面的因素。直线式坡道适合用地宽大的大型车库,曲线式坡道在空间有限的情况下有不可替代的作用,组合式坡道是两者之间的折衷选择。方案确定之后,科学的交通组织才能发挥出坡道的效能。流线优化、出入口衔接优化、导向系统优化和智能化技术应用这四个措施互相配合,构成完整的优化体系。随着自动驾驶、车路协同技术的发展,地下车库的交通组织方式也会发生改变,地下车库的坡道设计以及车库管理理念也要

随之更新。

[参考文献]

- [1]李大绪.城市核心区地下车行系统总体方案设计——以金桥副中心为例[J].城市道桥与防洪,2025(6):34-39.
- [2]马杰,刘一潼,马云龙,等.车库双向双车道直角转弯坡道平面设计优化浅析[J].工程建设与设计,2025(5):104-108.
- [3]陈辉映.窄路密网规划条件下地下车库联络道选线分析[J].上海建设科技,2024(6):80-84.

作者简介:吴素菊(1976—),女,汉族,河北石家庄人,高级工程师,石河子大学毕业,现就职于河北天艺永筑工程咨询有限公司,从事施工图审查工作。